FORMACIÓN CONTINUADA

Exploración funcional pulmonar en el trabajador del mar. Espirometría.

J. M. Moriyón del Corro

Sanidad Marítima. Instituto Social de la Marina. Burela (Lugo).

RESUMEN
La realización de reconocimientos médicos, preceptivos para embarque, para los trabajadores del mar y otros a buceadores justifican que los médicos especializados en medicina marítima conozcan con precisión la metodología e interpretación diagnóstica de las pruebas de función pulmonar, espirometría.
Este artículo trata de esta técnica. En él se hace una revisión bibliográfica y práctica como un medio importante de cara a la prevención y al diagnóstico clínico, especialmente la espirometría forzada. Así podremos confirmar la sospecha de patología respiratoria y cuantificar en grados su disfunción para la valoración de la capacidad laboral.
Palabras clave: Exploración funcional pulmonar, Espirometría

PULMONARY FUNCTION TEST IN SEAFARERS. SPIROMETRY

ABSTRACT
Medical fitness exams, compulsory to embark, to seafarers and other ones to divers justify that specialised Maritime Health doctors know the accurate methodology and diagnose of the pulmonary function tests through spirometry.
This article deals with this technique. We make a bibliographic and practical review of it as an important tool for prevention and clinical diagnosis, specially forced spirometry. So we can check our suspicion about respiratory pathology and quantify its damage in degrees in order to evaluate fitness for work.
Key words: Pulmonary function test, Spirometry

INTRODUCCIÓN

Los trabajadores del mar, presentan una alta prevalencia de enfermedades respiratorias, observándose diferencias espirométricas entre los pescadores de altura y bajura[1].

La espirometría es una exploración básica de la función pulmonar[2] que analiza bajo circunstancias controladas los volúmenes pulmonares y la rapidez con que éstos son movilizados (flujos aéreos)[3]. Es útil la espirometría forzada, es decir, cuando se solicita al trabajador que expulse todo el aire que contengan sus pulmones, tras la inspiración máxima, en el menor tiempo posible.

Con la normativa formulada por la American Thoracic Society [4], se ha llegado a un acuerdo general, respecto a la realización e interpretación de los resultados de la Espirometría Forzada en la clínica[5].

Mediante el uso de la espirometría obtenemos curvas de volumen/tiempo y curvas de flujo/volumen. La curva flujo-volumen (figura 1), representa la velocidad con la que se espira o inspira el aire con relación al volumen de gas que se mueve; por tanto, tiene dos ramas: una inspiratoria y otra espiratoria[6]. Los dos parámetros que aportan más información son el **Volumen espiratorio forzado en el primer segundo** (FEV1) y la **Capacidad vital forzada** (FVC). Son pruebas complementaria para distinguir patrones obstructivos de patrones no obstructivos. Permite cuantificar, por ejemplo, la capacidad de esfuerzo respiratorio en los buceadores y su evolución en el transcurso de su vida profesional[7].

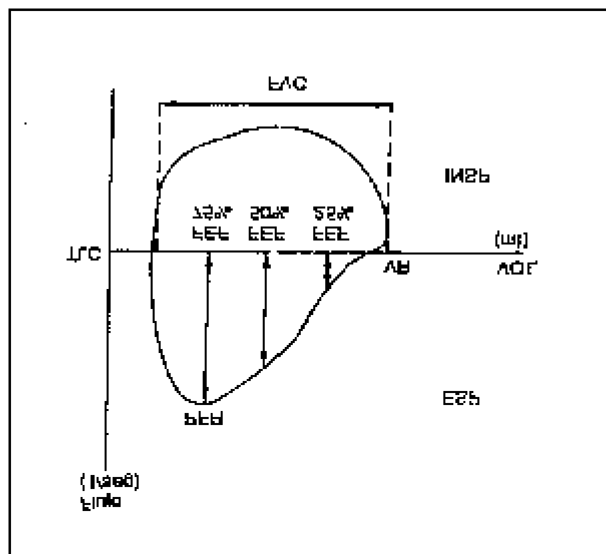


Fig. 1 Curva flujo-volumen

TÉCNICA DE LA ESPIROMETRÍA:

El aparato para realizar las pruebas necesita ajuste de temperatura, de humedad ambiental y en ocasiones de presión.

La preparación del paciente[8] debe cumplir los siguientes requisitos:

-Realización de la prueba de pie o sentado en posición erecta sin cruzar las piernas[9].
-Aplicarle unas pinzas nasales, con sus extremos desechables.
-Inspirará tan profundamente como sea capaz.
-Adaptará y cerrará los labios alrededor de la boquilla, evitando pérdidas de aire.
-Espirará, a través de la boquilla, tan fuerte y rápidamente como le sea posible.
-El comienzo de la maniobra de espiración forzada debe ser brusco y debe continuarse expulsando aire hasta alcanzar un flujo prácticamente cero.
-Forzará al máximo la espiración, no dejando de espirar hasta que el indicador deje de ascender o finalice la prueba.
-Por tratarse de un esfuerzo máximo, deben tomarse las medidas necesarias para incentivar de forma correcta al trabajador, haciendo que expulse **todo** el aire de que sea capaz, hasta alcanzar el volumen residual[3].

La determinación debe ser repetida 3 veces y valorar el resultado más alto. La variabilidad entre las dos mejores de las tres pruebas ha de ser menor del 5% o de 100 cc en sus respectivas FVC[2].

-Si se desea obtener la curva y valores inspiratorios, se le dice al trabajador que realice una inspiración forzada al haber finalizado la espiración forzada, sin retirar los labios de la boquilla.

Siempre es útil que el examinador haga una demostración y anime al trabajador a que preste la máxima colaboración. Si la espirometría forzada no cumple estos requisitos metodológicos, la exploración debe rechazarse por carecer absolutamente de valor clínico.

Entre las causas de error cabe citar las siguientes: el cumplimiento defectuoso de las anteriores técnicas; la pérdida de aire por la nariz; inspiración nasal, a lo largo de la prueba y la finalización precoz de la espiración que aumenta los flujos mesoespiratorio y la relación FEV1/FVC.

Algunos trabajadores, con gran limitación de flujo aéreo o insuficiencia vertebrobasilar, pueden sufrir síncopes o drop-attacks durante la prueba.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ESPIROMETRÍA FORZADA:

Los distintos flujos y volúmenes pulmonares varían en función del sexo, raza, edad, talla y peso corporal del trabajador. Por este motivo un único valor absoluto de volumen o flujo carece de relevancia clínica en muchas circunstancias. Para solventar este problema, a partir de estudios epidemiológicos amplios se han construido ecuaciones de predicción para los diferentes parámetros espirométricos basadas en el sexo, raza, edad, talla y peso del individuo sano. Estas ecuaciones de predicción proporcionan un valor de referencia para individuos con las mismas características que las del trabajador. Los valores observados en la espirometría se pueden expresar en forma de porcentaje de dicho valor teórico (valor paciente/valor de referencia x 100). Se consideran patológicos valores inferiores a los que se establecen como límite inferior para individuos sanos. Debido a que el grado de variabilidad de los parámetros analizados es distinto, el valor inferior límite no es siempre el mismo. Así para la FVC y FEV1 este valor límite se establece en el 80%, mientras que para el **Flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC** (FEF25-75%) el límite está establecido en el 60%.

Sin embargo, en el seguimiento del trabajador es muy útil y recomendable comparar los valores absolutos de los diferentes parámetros espirométricos a lo largo del tiempo. En este sentido, cabe recordar que el mejor valor de referencia es el del propio trabajador[3].

Existen fórmulas de regresión para el cálculo de los valores teóricos, donde T es la talla en centímetros y A la edad en años.

Varones:
FVC = 0,0678 x T - 0,0147 x A - 6,0548FEV1 = 0,0499 x T - 0,0211 x A - 3,837
FEF25-75% = 0,0392 x T-0,043 x A - 1,1574
PEF = 0,0945 x T - 0,0209 x A - 5,7732

Mujeres:
FVC = 0,0454 x T - 0,0211 x A - 2,8253
FEV1 = 0,0317 x T - 0,025 x A - 1,2324
FEF25-75% = 0,023 x T - 0,046 x A + 1,1055
PEF = 0,0448 x T - 0,0304 x A + 0,3496

Una espirometría forzada anormal indica presencia de enfermedad; sin embargo, una espirometría forzada normal no la excluye. En unos casos su sensibilidad es insuficiente para detectar disfunción en especial en las fases precoces de la enfermedad (enfermedades obstructivas). En otros casos (enfermedades intersticiales en estadios iniciales), al afectar la lesión preferentemente la zona más periférica del parénquima pulmonar (alvéolos), no

se alteran de forma significativa los volúmenes pulmonares ni los flujos aéreos.

PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS DE MAYOR UTILIDAD CLÍNICA:

FVC: es el volumen de aire expulsado durante la máxima espiración forzada más rápida posible después de una inspiración máxima. Se expresa en litros o mililitros y/o en forma de tanto por ciento del valor de referencia. Es un parámetro indicador del volumen pulmonar.

FEV1: es el volumen pulmonar medido en el primer segundo en el curso de una espiración forzada. Se expresa en litros o mililitros expulsados durante este primer segundo y/o como tanto por ciento del valor de referencia.

Porcentaje FEV1/FVC: expresa el volumen de aire expulsado durante el primer segundo (FEV1) respecto al máximo volumen que puede ser expulsado durante la maniobra de espirometría forzada (FVC). Es un parámetro indicador del flujo espiratorio. El desarrollo muscular incrementa la FVC más intensamente que la FEV1, por lo que podemos encontrarnos una relación FEV1/FVC baja, falsamente anormal en atletas[9].

Indice de Tiffeneau: es el cociente FEV1/Capacidad vital (VC). Es diferente del porcentaje FEV1/FVC.

FEF25-75%: es la relación entre el volumen expulsado entre el 25 y 75% de la FVC y el tiempo que se ha tardado en expulsarlo. Se expresa en l/s (o ml/s) o como porcentaje del valor de referencia.

En ausencia de alteraciones significativas en el FEV1 y/o FVC, un valor de FEF25-75% inferior al de referencia puede indicar patología a nivel de las pequeñas vías aéreas (SAD). Puede presentar alteraciones en fumadores, asmáticos en remisión clínica o en casos de exposición laboral a gases o humos[6,9].

Flujo espiratorio máximo o pico de flujo (PEF): corresponde al flujo máximo conseguido durante la maniobra de espiración forzada. Se expresa en l/s o como porcentaje del valor de referencia. Se genera antes de haber expulsado el 15% de la FVC y debe mantenerse al menos 10 milisegundos. Se correlaciona bien con el FEV1[9]. Es la determinación más fácil y posiblemente más útil para la valoración y seguimiento del asmático. Es un test de baja especificidad y alta sensibilidad[10].

El PEF se relaciona directamente con la altura e indirectamente con la edad y es menor en la mujer que en el hombre. El PEF varía a lo largo del dia, en los sujetos normales, con descensos del 5-8% por la mañanas, respecto a las tardes. Diferencias superiores al 15-20% son muy sugestivas de asma. En valores absolutos, el PEF se encontrará disminuida en:

- Obstrucción de vías aéreas superiores, por ejemplo, tumores.

- Obstrucción al flujo aéreo, por ejemplo, asma y bronquitis crónica.

- Afectación de músculos espiratorios.

- Enfermedades que disminuyen la capacidad vital, como las fibrosis pulmonares.

Flujo máximo espiratorio al 50% de la FVC (MEF 50%).

Volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV1): es el volumen pulmonar medido en el primer segundo, en el curso de una inspiración forzada. Se expresa en litros o mililitros inhalados durante este primer segundo.

Porcentaje FIV1/FIVC: expresa el volumen de aire inhalado durante el primer segundo (FIV1) respecto al máximo volumen que puede ser inhalado durante la maniobra de inspiración forzada.

Flujo inspiratorio máximo (PIF): corresponde al flujo máximo conseguido durante la maniobra de inspiración forzada. Se expresa en litros/segundo.

Flujo máximo al 50% de la capacidad vital inspiratoria forzada (MIF 50%).

INTERPRETACIÓN CLÍNICA DE LA ESPIROMETRÍA FORZADA:

Según los valores de los principales parámetros de la espirometría, se consideran tres tipos de alteraciones en la espirometría (tabla 1):

Tabla 1. Patrones espirométricos

	FVC	FEV1	FEV1/FVC	FEF25-75%
Estado normal	>80%	>80%	>70%	>60%
Patrón obstructivo	Normal o disminuido	Disminuido	<70%	Muy disminuido
Patrón restrictivo	Disminuido	Normal o disminuido	>85%	Normal o disminuido
Patrón mixto	Disminuido	Disminuido	<70%	Disminuido

1. Alteraciones ventilatorias obstructivas:

Se dan en aquellas enfermedades en las que se produce limitación al flujo aéreo. La limitación al flujo puede ser debida a aumento de la resistencia de las vías aéreas (bronquitis crónica, asma) o por disminución de la presión elástica de retracción, generada por el parénquima pulmonar (enfisema)[3]. La morfología de la curva flujo-volumen suele ser cóncava hacia la parte superior[6].

De acuerdo con la magnitud del deterioro del FEV1, las alteraciones ventilatorias de tipo obstructivo se clasifican en diferentes grados[8]:

Grado ligero. FEV1: 60-80% del valor de referencia.

Grado moderado. FEV1: 40-60% del valor de referencia.

Grado severo. FEV1: 30-40% del valor de referencia.

Grado muy severo. FEV1 <30% del valor de referencia.

Según la morfología de la curva flujo-volumen, se distinguen tres tipos de obstrucción[9] (figura 2):

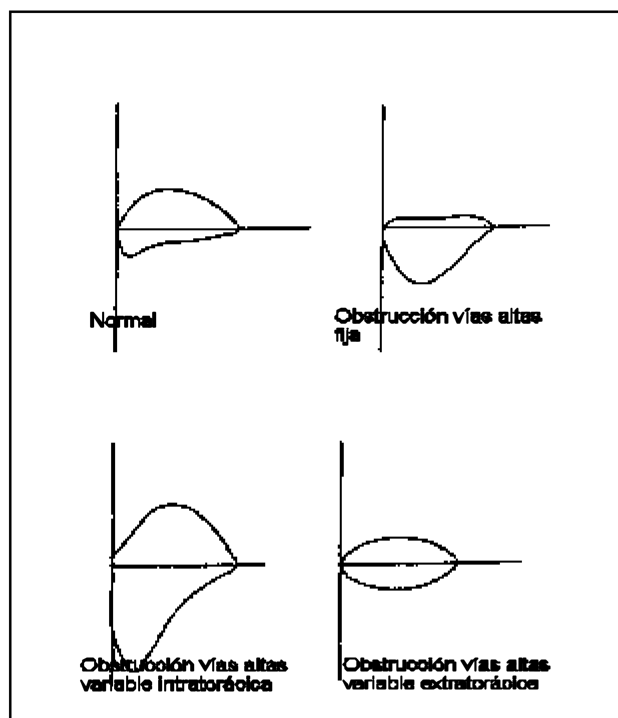


Fig. 2. Morfología de la curva flujo-volumen

1.1. Obstrucción de vías altas fija. Existe una meseta tanto en la rama inspiratoria como en la espiratoria, cuya extensión guarda relación con la obstrucción. Se presenta en estenosis postintubación, neoplasias endotraqueales y estenosis de ambos bronquios principales.

1.2. Obstrucción de vías altas variable extratorácica (por encima del manubrio esternal). La meseta se localiza en la rama inspiratoria. Se observa frecuentemente en parálisis de cuerdas vocales unilaterales o bilaterales, adhesión o constricción de las mismas, en el bocio y en quemados.

1.3. Obstrucción de vías altas variable intratorácica. Se considera como tal toda estenosis localizada dos centímetros por debajo del manubrio esternal, comprendiendo la parte inferior de la tráquea o un bronquio principal. El colapso se produce en la espiración por la compresión dinámica de las vías aéreas. En algunas ocasiones es posible observar tanto en la rama inspiratoria como en la espiratoria oscilaciones del trazado que adoptan una morfología en dientes de sierra; morfología que puede aparecer en muchas enfermedades.

2. Alteraciones ventilatorias restrictivas:

Aparecen en aquellas enfermedades que cursan con disminución del volumen pulmonar. La pérdida de volumen puede producirse en patología del perénquima pulmonar (amputación, ocupación, aumento en su rigidez), de la caja torácica (rigidez, deformidad), o de los músculos respiratorios que la movilizan o nervios que los inervan. La morfología de la curva flujo-volumen es convexa hacia arriba en la parte final de la rama espiratoria.

3. Alteraciones ventilatorias mixtas:

Existen enfermedades que comparten características de ambos patrones, obstructivo y restrictivo. Se dan reducciones de volumen y limitación del flujo aéreo en la sarcoidosis, enfermedad granulomatosa crónica, fibrosis quística, bronquiectasias, neumoconiosis e insuficiencia cardíaca congestiva. Puede haber falsos positivos en atrapamiento aéreo severo y el cierre de las vías aéreas por broncosespasmo [9].

INDICACIONES DE LA ESPIROMETRÍA FORZADA:

1. Detección y evaluación de enfermedad respiratoria en fases precoces.

2. Control evolutivo de enfermedades respiratorias de curso crónico.

3. Monitorización del tratamiento del asmático. Pruebas broncodinámicas (broncodilatadores, provocación bronquial).

4. Evaluación previa de pacientes de alto riesgo en cirugía torácica y abdominal alta.

5. Sospecha de síndrome de apnea durante el sueño.

6. Incapacidad laboral. El grado de disfunción refleja una anormalidad funcional que persiste después de tratamiento adecuado y sin perspectivas razonables de mejoría. La disfunción puede ser ligera, moderada o severa[3].(tabla 2).

Tabla 2. Grados de disfunción

	FEV1	FVC	FEV1/FVC
Normal	>80%	>80%	>75%
Ligera	60-79%	60-79%	60-75%
Moderada	40-59%	50-59%	40-59%
Severa	<40%	<50%	<40%

Para la valoración de la incapacidad laboral deben tenerse en cuenta, además de la disfunción, otros factores como la edad, antropometría, sexo, coste energético requerido para desarrollar su actividad laboral, presencia de otras enfermedades no neumológicas asociadas, así como aspectos culturales y legales.

7. Identificación del fumador de alto riesgo. Es aquel que presenta una merma anual del FEV1 superior a 50 ml.

8. Estudio del asma e hiperreactividad bronquial, mediante el estudio comparativo de los valores de la espirometría antes y después de la administración de un broncodilatador.

9. Detección y localización de estenosis de vías aéreas altas.

NORMAS PRÁCTICAS PARA REALIZAR UNA ESPIROMETRÍA:

A modo de ejemplo utilizaremos el aparato SCHILLER SP-200, utilizado normalmente en los Servicios de Sanidad Marítima del Instituto Social de la Marina

Calibración.

Antes de comenzar una serie de pruebas, es aconsejable calibrar el equipo por medio de la bomba de calibración, para lograr el mayor grado de fiabilidad de los resultados (repetibilidad, exactitud y precisión[11]). La calibración ha de hacerse diariamente[10], con una jeringa de precisión de 3-5 litros y semanalmente, con un descomprensor explosivo o, en su defecto, realizar una calibración dinámica con personas entrenadas, sanas y de escasa variabilidad[9]. El cursor está en la línea para la entrada de la temperatura ambiente. Introduzca la temperatura y pulse RETURN. Inserte la bomba de calibración en el adaptador de goma, pulse START y bombee de 2 a 6 litros de aire. Asegurarse de que el sensor de flujo se mantiene inmóvil durante la operación de bombeo.

En el caso de que la calibración no pueda realizarse con éxito y aparezca en pantalla un mensaje de error, salga del menú de calibración pulsando FNCT. Vuelva a seleccionar la calibración presionando C y pulse luego I para volver el equipo a su posición de calibración base (o cero). Ahora verifique la calibración por el procedimiento descrito anteriormente.

Pruebas de función pulmonar.

Elegir la prueba de función pulmonar. Una vez que se han introducido todos los datos y se ha pulsado RETURN para confirmar la introducción del peso del trabajador, puede seleccionar la prueba requerida pulsando la tecla apropiada (o sea FVC, VC, MV, MVV).

Si elegimos la prueba FVC, pulsamos la tecla 1 marcada "FVC". Se le coloca al trabajador la pinza azul en la nariz y se le explica que debe inhalar todo el aire que pueda y que debe espirarlo con la mayor rapidez, dentro del sensor de flujo, con los labios rodeando completamente la boquilla de cartón. Si se desea obtener la curva y valores inspiratorios, se le pide al trabajador que realice una inspiración forzada, que siga inmediatamente a la espiración forzada, a través del sensor de flujo, manteniendo los labios rodeando completamente la boquilla de cartón.

Si elegimos la prueba de capacidad vital, pulsamos la tecla 2 marcada "VC". El trabajador debe respirar normalmente 3 veces y seguidamente hacer una inspiración máxima hasta la capacidad pulmonar total y después espirar al máximo.

BIBLIOGRAFÍA

1. L Marco, J I Emparanza, C Sarrasqueta. *Alteraciones respiratorias de los trabajadores de la mar.* Medicina Clínica 1995; 105:211-5.

2. A Arnedillo, Mº J Sánchez, JM Rodriguez. *La exploración funcional en Neumología: indicaciones y modalidades*. Medicine 1994; 6(65):563-75.

3. A Agustí. *Función pulmonar aplicada*. Barcelona: Mosby/Doyma; 1995.

4. American Thoracic Society. *Standaritation of Spirometry*. 1987 Update. American Review of Respiratory Disease 1987; 136:1285-98.

5. A Agustí. *Neumología básica*. Barcelona: Idepsa; 1986.

6. J Pérez. *La espirometría forzada en Medicina del Trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1988. Notas técnicas de prevención:218.

7. JL González. *Alteraciones auditivas y pruebas de función respiratoria en buceadores profesionales de Asturias*. Medicina Marítima 1996: 1(2):46-51.

8. J Mª Arribas, F Caballero. *Manual de Cirugía Menor y otros procedimientos en la consulta del Médico de Familia*. Madrid: Jarpyo Editores SA; 1993:473-83.

9. C García, F García, C Prados. *Espirometría y curva flujo-volumen. Su utilidad en la Atención Primaria*. Medicina Integral 1992; 20(6):312-320.

10. J Maqueda, A Sal. *Estudio de validación del pico flujo espiratorio (PEF) como estimador de la hiperreactividad bronquial en ambientes laborales*. Salud y Trabajo 1995; (110):18-25.

11. J Pérez. *Validación de un espirómetro*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1988. Notas técnicas de prevención:217.

12. Spirovit SP-200. *Manual de Funcionamiento*. Schiller AG 1990.